

Juha Lehtinen

# Sähkönsiirtoyrityksen kunnossapitotietojen oikeellisuus verkkotietojärjestelmässä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Opinnäytetyö

28.3.2016

Tekijä(t) Otsikko Sivumäärä Aika	Juha Lehtinen Sähkönsiirtoyrityksen kunnossapitotietojen oikeellisuus verkkotietojärjestelmässä 38 sivua + 1 liitettä 28.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Kunnossapitopäällikkö Petteri Palmumaa Lehtori Tuomo Heikkinen
<p>Insinööritöön tarkoituksena on analysoida nykyisen kunnossapitotiedon laatua ja tunnistaa tästä ne kohdat, jotka ovat vaikuttaneet tiedon laatuun. Kun nämä kohdat on saatu tunnistettua, tullaan insinööritöössä laatimaan kehityssuunnitelma sille, miten näiltä osin asioita voidaan parantaa, jotta kunnossapitotiedon laatua saadaan kehitettyä.</p> <p>Selkeitä insinööritöössä kunnossapitotiedon laatuun vaikuttaneita asioita on</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carunan historia eli jakelualueiden omat käytännöt</li> <li>- verkkotietojärjestelmien konversiot</li> <li>- kunnossapitohavaintojen dokumentointi</li> <li>- ohjeistuksen laatu.</li> </ul> <p>Näistä vaikuttaneista asioista se, mihin voidaan vielä vaikuttaa, on ohjeistuksen kehittäminen. Tämän merkitys korostuu insinööritöön eri osissa, sillä aiempien ohjeistuksen tason jäljet kantautuvat moneen eri asiaan.</p> <p>Insinööritöön kannalta tärkeä lopputulos on kuntohierarkian avaus pylvään lahotarkastusten osalta. Tämä luo pohjan sille, miten kunnossapitotietojen tarkastusten ohjeistus tulisi tehdä, jotta ohjeistus olisi selkeä sekä yksiselitteinen.</p> <p>Selkeä ja yksiselitteinen ohjeistus kunnossapitohavaintojen tekemiselle mahdollistaa kunnossapitotarkastusten tulosten vertailun keskenään. Tällöin kohteiden uudelleen tarkastaminen sekä vaihto saadaan kohdennettua paremmin ja taloudellisemmin. Samalla myös kunnossapitotarkastusten tekoa saadaan tehostettua, kun tarkastajan ei tarvitse enää tehdä omia tulkintojaan maastossa tilanteen vakavuudesta.</p>	
Avainsanat	Kuntohierarkia, kiireellisyysluokka, tyvihalkaisija

Author(s) Title Number of Pages Date	Juha Lehtinen The Accuracy of Maintenance Records of a Transmission Company 38 pages + 1 appendix 28 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Petteri Palmumaa, Maintenance Manager Tuomo Heikkinen, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to analyze the current state of maintenance inspection data. The key objective was to find the reasons for inadequacy of quality in the data. Development plan for making data quality better was created in this study. This development plan will develop the maintenance data quality.</p> <p>Reasons why the current maintenance data has the quality which it has is due to</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- history of Caruna, different ways of doing things in different distribution areas</li> <li>- conversions of different network information systems</li> <li>- documentation of maintenance inspections</li> <li>- lack of clear instructions.</li> </ul> <p>This thesis was made by researching maintenance recommendations for distribution network, analyzing current maintenance data and creating development plan to enhance maintenance data.</p> <p>Lack of clear instructions is one of the things that can be improved. Instructions is big factor in the quality of the maintenance data. This is pointed out in many areas of this thesis.</p> <p>One of the most important conclusions of this thesis is opening of the maintenance hierarchy of decayed poles. This creates the bases on how maintenance instructions should be given in order for them being clear and unambiguous.</p> <p>Clear and unambiguous instructions for making maintenance inspections make it possible to compare different maintenance inspection results. This makes it easier to determine when component should be re-inspected or replaced. This is more cost-effective. Performing maintenance inspections will also be more effective because inspector does not have to make his or her own interpretations of the case.</p>	
Keywords	Maintenance hierarchy, class of urgency, diameter

## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kunnossapitotiedon laadun taustaa	2
2.1	Caruna	2
2.2	Sähköverkon komponentit	3
2.2.1	Pylväät	3
2.2.2	Muuntamot	4
2.2.3	Erottimet	5
2.3	Lakiin perustuvat kunnossapito velvoitteet jakeluverkkoyhtiölle	6
2.4	Carunan kunnossapitotarkastusten ohjeistus	7
3	Kunnossapitotiedon laadun analysointi	8
3.1	Carunan historian vaikutus kunnossapitotiedon laatuun	8
3.2	Mahdolliset syyt kunnossapitotiedon laadun muutoksiin ja heikkenemiseen	9
4	Datan laadun parantamisehdotus	11
4.1	Yleinen kehitys	11
4.2	Kunnossapitotiedon laadun kehittäminen	11
4.3	Esimerkkikäsittely lahopylväiden osalta	13
4.3.1	Pylvään latvanlahous	14
4.3.2	Kolo, tikan tai muun tekemä	15
4.3.3	Halkeama	16
4.3.4	Pylvään vinous	17
4.3.5	Upotussyvyys	19
4.3.6	Pylvään onttolaho tai muurahaisongelma	20
4.3.7	Pylvään lahoisuuden vaatimat toimet	23
4.3.8	Pylvään muu vika	34
4.4	Kunnossapitotiedon laadun kehittäminen muiden insinööriyön kohteiden osalta	34
5	Kehityssuunnitelman vaikutus kunnossapitotiedon laatuun	35
6	Yhteenveto	36
	Lähteet	38
	Liitteet	
	Liite 1. Puupylväiden lahoisuus tarkastus ja lujuuden määrittäminen RJ 33:09	

## 1 Johdanto

Tämä insinöörityö on tehty Caruna Oy sekä Caruna Espoo Oy:lle, joista jäljempänä käytetään yhdessä nimitystä Caruna. Opinnäytetyöni käsittelee sähkönjakeluverkon kunnossapitotiedon laatua Trimble NIS -verkkotietojärjestelmässä. Työssä käsitellään kunnossapitotiedon laatua kolmen jakeluverkonkomponentin osalta, jotta sähköturvallisuuslain edellyttämät havaitut turvallisuuspuutteet saataisiin poistettua verkosta oikeissa määräaajoissa ja kustannustehokkaasti. Nämä kolme jakeluverkonkomponenttityyppiä tullaan valitsemaan sen mukaan, mitä Carunan verkossa on määrältään eniten.

Tässä työssä käydään läpi kunnossapitotiedon laatuun liittyviä kysymyksiä, niin urakoitsijan, Carunan oman henkilökunnan kuin verkkotietojärjestelmän näkökulmasta.

Jakeluverkon tarkastukset perustuvat Kauppa- ja teollisuusministeriön päätökseen 517/1996 lukuun 3 sähkölaitteiston käyttö 10. pykälään, jossa mainitaan, että sähkölaitteiston haltijan on huolehdittava siitä, että sähkölaitteistossa havaitut puutteet ja viat poistetaan riittävän nopeasti. Tämä Kauppa- ja teollisuusministeriön pohjautuu taas 14. päivänä kesäkuuta 1996 annettuun sähköturvallisuuslakiin (410/69). [1.]

Tavoitteena on tehdä kolmelle pääkomponentille tarkemmat tarkastusohjeet, jotta tästä syystä verkkotietojärjestelmään pääsisi vain oikeellista ja käyttökelpoista kunnossapitotietoa. Tällä hetkellä haasteena on kunnossapitotiedon määrä ja se, ettei saatu tieto ole välttämättä yksiselitteistä.



## 2.2 Sähköverkon komponentit

Sähköverkon komponenteista tähän työhön valikoitui kolme määrältään suurinta verkko-komponenttia, joille tehdään myös määräysten mukaisia tarkastuksia kunnossapitokäsi-kirjan mukaisella syklillä.

### 2.2.1 Pylväät

Pylväät ovat ilmajohdoverkon pääkomponentti. Pääsääntöisesti pylväät ovat puuta, mutta niitä voidaan valmistaa myös teräksestä, betonista sekä komposiittista. Puupylväät luokitellaan pylvään latvanläpimitan ja pituuden mukaan viiteen eri luokkaan standardin SFS 2662 mukaan. Nämä viisi eri luokkaa ovat

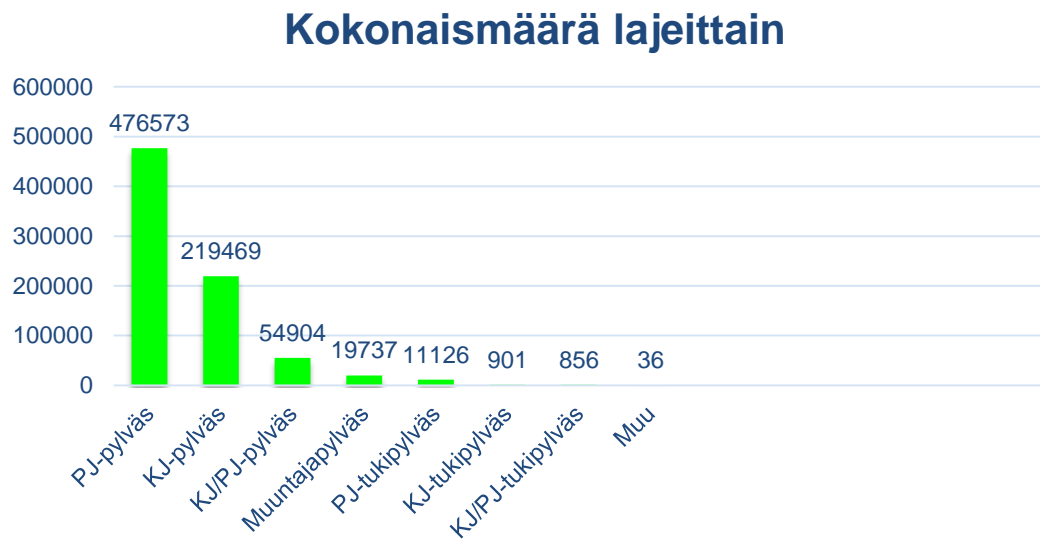
- Luokka 1: läpimitta = 13 cm
- Luokka 2: läpimitta = 15 cm
- Luokka 3: läpimitta = 17 cm
- Luokka 4: läpimitta = 19 cm
- Luokka 5: läpimitta = 21 cm.

Luokan 1 pylväät soveltuvat vain pienjänniteverkkoon. [4.]

Pylväiden tekninen pitoaika riippuu useasta eri tekijästä. Näitä ovat esimerkiksi asennus-paikka (tarkoitetaan maaperää), ilmaston vaikutus eli maantieteellinen sijainti sekä val-mistus vuosi. [5.]

Carunan verkossa eniten on pienjännitepylväitä. Näitä on noin 476 600 kappaletta. Seuraavaksi eniten on KJ-pylväitä sekä KJ/PJ-yhteiskäyttöpylväitä. Pylväiden määrässä heijastuu kaapelointiaste eri jännitetasojen välillä. Pylväiden määrä lajeittain esitetään taulukossa 1 (sivulla 4).

Taulukko 1. Pylväiden kokonaismäärä Carunalla lajeittain [6.]



### 2.2.2 Muuntamot

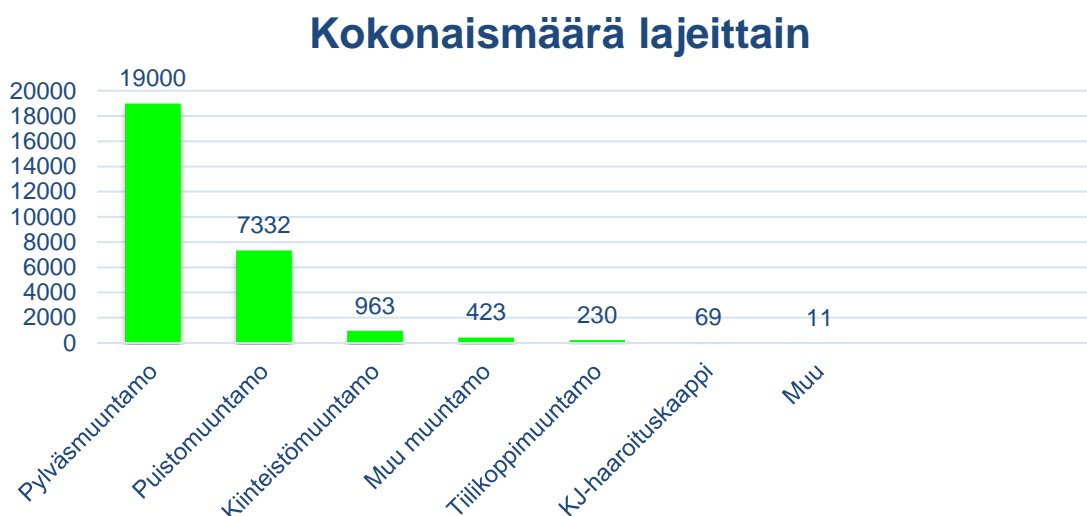
Muuntamot ovat sähköverkon komponentteja, joilla voidaan muuttaa keskijännite pienjännitteeksi. Ne voidaan kytkeä joko ilmajohto- tai maakaapeliverkkoon. Näistä *pylväsmuuntamot* ovat yleisemmin käytössä ilmajohtoverkossa. Näennäisteholtaan ne ovat käytännössä maksimissaan 315 kVA.

*Puistomuuntamoita* käytetään yleensä maakaapeliverkossa. Vaihtoehtoisesti maakaapeli verkossa voidaan käyttää erillisissä muuntamotiloissa olevia muuntamoita kuten esimerkiksi *kiinteistömuuntamoita*. [4.]

Carunan jakeluverkossa on 19 000 kappaletta pylväsmuuntamoita, ja tämä on Carunan verkossa määrältään suurin muuntamotyyppi. Puistomuuntamoita on Carunan verkossa noin 7 400 kappaletta, ja niiden määrä on kasvussa sitä mukaan kuin Caruna maakaapeloi sähköverkkoa. Pylväsmuuntamoiden määrä on taas maakaapeloinnin seurauksena vähenemässä. Taulukossa 2 sivulla 5 esitetään Carunan muuntamot lajeittain.



Taulukossa 2. Muuntamoiden kokonaismäärä Carunalla lajeittain [6.]



### 2.2.3 Erottimet

Erotrin on sähköverkon komponentti, jolla saadaan erotettua virtapiirin osat toisistaan. Kun erotin on auki, tulee avausvälin olla selkeästi havaittavissa. Turvallisuuden varmistamiseksi erotin on voitava lukita auki- tai kiinni-tilaan, sekä siinä pitää olla myös luotettava mekaaninen asennonosoitin.

Erotintyyppejä ovat muun muassa kiertoerottimet, kolmipilariset kiertoerottimet, vertikaalitartuntaerottimet, horisontaaliset tartuntaerottimet ja kuormaerottimet. Yleisimpiä näistä ovat *kiertoerottimet*. Ne ovat rinnankytkettäviä. Kiertoerottimia käytetään yleensä kytkinlaitoksilla. Vaiheväliltä pieniä ovat *kolmipilariset kiertoerottimet*. Kytkinlaitosten erotintarpeeseen soveltuu hyvin *vertikaalitartuntaerottimet* ja *horisontaaliset tartuntaerottimet*. Keskijänniteverkossa käytetään *kuormaerottimia* erottamaan suurehkoja kuormittamattomia muuntamoita verkosta sekä kuormitusvirrallisia verkon osia toisistaan. Niillä voidaan suorittaa kaikki erottimille tyypilliset toiminnot. [7, s. 190–198.]

Carunan verkossa on eniten muuntajaerottimia. Niitä on noin 14 900 kappaletta. Seuraavaksi eniten on kuormaerottimia (noin 11 600 kpl). Linjaerottimia on kuitenkin kuormaerottimia ja muuntajaerottimia määrältään enemmän, mikäli niiden määrää tarkastellaan kokonaisuudessaan (noin 15 300 kpl). Erottimien määrät lajeittain esitetään taulukossa 3 sivulla 6. Kaaviossa (k)-kirjain viittaa siihen, että kohde on dokumentoitu verkotietojärjestelmässä komponentin pääkaavioon (kuten esimerkiksi muuntamon pääkaavioon). [6.]

Taulukossa 3. Erottimien kokonaismäärä Carunalla lajeittain [6.]



### 2.3 Lakiin perustuvat kunnossapito velvoitteet jakeluverkkoyhtiölle

Sähköturvallisuuslakiin sekä muihin verkkoyhtiöitä koskeviin lakeihin on määritelty, että verkko tulee kunnossapitää koko elinkaaren ajan, rakentamisesta purkamiseen/ korvaus investointeihin asti.

Sähköturvallisuuslakiin on määritelty seuraavaa:

”5 § (luku 2, Sähköturvallisuuden taso)

Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä niin, että:

- 1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;
- 2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä; sekä
- 3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.” – Sähköturvallisuuslaki 5 §

Edellä esitettyjen ehtojen mukaisesti kunnossapitoa tulee suorittaa niille kohteille, jotka eivät täytä näitä asetettuja määräyksiä. Kunnossapidolta edellytetään seuraavien asioiden täyttymistä

- Kunnan ja vikojen valvontaa niin, että sähköturvallisuus täyttyy
- Perus- ja mekaaninen suojaus
- Vikasuojaus
- Palo- ja räjähdysvaaran ehkäisemiseksi suoritettavat toimet
- Ilmajohtoverkolta turvaetäisyydet, vapaat johtoaukeat sekä kiipeämisen esto
- Kunto ja lahoisuus tarkastukset sähköpylväille
- Lukitukset ja varoituskilvet sähkötiloihin
- Maadoitukset sekä potentiaalintasaukset. [8.]

KTM:n päätöksellä 517/1996 sähkölaitteiston haltija tulee tarkkailla laitteistonsa kuntoa sekä huoltaa ja korjata mahdolliset laitteistonsa havaitut puuteet riittävän nopeasti. Luokkien 2 ja 3 sähkölaitteistolle tulee laatia myös kunnossapito-ohjelma. Kunnossapito-ohjelman tulee ylläpitää sähkölaitteiston sähköturvallisuutta. [1.] Tukes -ohjeen mukaisesti taas suoritettujen toimenpiteiden kohteille pitää kirjata ylös kertoen suoritusajankohdan ja tekijän. Nämä ovat juuri niitä tietoja, joita tässä työssä on tarkoitus analysoida sekä ehdottaa kehitysmahdollisuutta, jolla näiden tiedot olisivat ajantasaisempia ja dokumentoitu laadukkaammin. [9.]

## 2.4 Carunan kunnossapitotarkastusten ohjeistus

Urakoitsijat ovat velvoitettuja käymään Adaton tarkastajakoulutuksen, jossa käydään läpi yleisimmät havainnot yleisellä tasolla. Koulutuksessa käydään läpi Headpowerin kunnossapitohierarkiaa. Carunan omat ohjeistukset poikkeavat näistä.

Tämän hetkinen ohjeistus kunnossapitodokumentoinnin osalta tulee päivittää muun muassa edellisen verkkotietojärjestelmän mukaisien dokumentaatiokäytäntöjen osalta. Ohjeistuksen vanhentunut osa ei nykyisellään välttämättä taivu uuteen verkkotietojärjestelmään, ja kunnossapitohavaintojen kirjaaminen tämän pohjalta voi olla jokseenkin vaikeaa. Tämä johtaa myös siihen, että tarkastustuloksista saattaa tulla tarkastajansa näköisiä ja kunnossapitohavaintojen keskinäinen vertailu muuttuu vaikeaksi.

Ohjeistuksen noudattamisen kannalta haastavaa on myös se, että ohjeistusta löytyy useammasta eri paikkaa. Tämän lisäksi ohjeistuksessa voidaan viitata toiseen ohjeistukseen jonkin osa-alueen kohdalla.

Osalle tarkistettavista asioista ei löydy suoraan voimassa olevaa yksiselitteistä ohjeistusta. Lisäksi Carunan ja urakoitsijan väliseltä tiedonantositivulta (urakoitsijasivuilta) löytyy useita ohjeita, jotka ovat vanhoja ja päivätty esimerkiksi vuodelle 2008. Selkeää uutta ohjeistusta, joka vastaisi myös uuden verkkotietojärjestelmän mukaista dokumentointitapaa, ei kaikissa tapauksissa löydy. Tämä voi osaksi selittää nykyisen kunnossapitotiedon laadun kehittämisen tarpeen.

Pylväiden kunnossapitotietojen dokumentointiohjeistus vaatii myös kehittämistä. Osalle havaintotyypeistä ei löydy voimassaolevaa ohjeistusta. Näille löytyy vanhentuneita ohjeistuksia. Samalla myös törmätään ongelmaan, ettei kunnossapitohavaintoja voida löytävän ohjeistuksen mukaan kirjata uuteen verkkotietojärjestelmään, sillä välttämättä kaikkia kenttiä, joita ohjeistuksessa mainitaan, ei enää ole tai niiden sisältö on muuttunut sellaiseksi, etteivät ne enää vastaa ohjeistuksessa annettuja merkintätapoja.

Oleellinen havainto löydettyssä ohjeistuksessa on myös se, ettei siinä oteta kunnolla kantaa, mihin havainnot tulee kirjata ja miten. Asia muuttuu tulkinnan varaiseksi.

### **3 Kunnossapitotiedon laadun analysointi**

Seuraavissa luvuissa avataan syitä Carunan nykyiseen kunnossapitotiedon laatuun. Kunnossapitotiedon laatuun vaikuttavien syiden tunnistaminen on työn kannalta oleellista, jotta kunnossapitotiedon laatua voidaan kehittää paremmaksi.

#### **3.1 Carunan historian vaikutus kunnossapitotiedon laatuun**

Tällä hetkellä kunnossapitotiedon laatu vaihtelee hyvin paljon alueittain, koska Carunan jakeluverkkoalue koostuu viidestä eri maantieteellisestä alueesta (kts kuva 1. sivu 2). Nämä ovat yrityskauppojen johdosta tulleet Carunalle. Maantieteellisten alueet ovat siis olleet omia yhtiöitään ja näissä on ollut omat yrityskohtaiset kunnossapito-ohjeistukset. Tämä heijastuu nykyaineistossa vieläkin, vaikka yrityskaupoista on jo aikaa.

### 3.2 Mahdolliset syyt kunnossapitotiedon laadun muutoksiin ja heikkenemiseen

Kunnossapitotiedon laadun tarkastelussa oleellinen huomio oli se, että ohjeistuksessa on parannettavaa. Carunan ohjeistukset ovat nykyisellään moniselitteisiä ja jättävät tulokinnan varaa. Carunan omat tai muut saatavilla olevat kunnossapitotarkastusohjeet eivät ole riittävän täsmällisiä antaaakseen tiedon, miten kunnossapitomerkintä kirjataan, jotta siitä saataisiin suurin hyöty. Nykyisen kuntohierarkiat, mitä kohteille on rakennettu, ovat jääneet ilman ohjeistusta. Tämä johtaa siihen, että jokainen tarkastus on tarkastajansa näköinen, eli kunnossapitotiedot eivät ole keskenään vertailtavissa luotettavasti.



Kuva 2. Havainnekuva "suurista tikan koloista" joita ei ole.

Edellä esitetyssä kuvassa 2 sivulla 9 on pylväs, jolle on asetettu kuntohavainnoksi kolo, tikan tai muun tekemä. Lisätietoina on ollut tieto, että nämä kolot ovat suuri kokoisia. Kolon suuruutta ei ole mitattu tai määritetty ja tämä onkin hyvä esimerkki siitä, kuinka kuntotieto voi heittää todellisuudesta tarkan ohjeistuksen puutteen johdosta.

Kuten aiemmin todettiin, Caruna on muodostunut useammasta eri sähkönsiirtoyrityksestä. Jokaisella näistä yrityksistä on ollut käytössä oma verkkotietojärjestelmä, jossa verkko on ollut dokumentoituna. Jokaisen yrityskaupan yhteydessä nämä verkkotietojärjestelmät on konvertoitu omaan yhteiseen verkkotieto järjestelmään. Haasteena tässä on ollut se, että verkkotietojärjestelmät ovat saattaneet olla eri sovellusten toimittajien tekemiä, ja tätä kautta kunnossapitotietoa on saatettu menettää osana tietokantojen yhdistelyä.

Yrityskauppojen ja konversioiden johdosta on mahdollista, että kaikkea kunnossapitotietoa ei ole dokumentoitu verkkotietojärjestelmään. Osa kunnossapitotiedoista on voitu esimerkiksi dokumentoida paperille. Tätä tietoa ei välttämättä ole siirretty syystä tai toisesta verkkotietojärjestelmään, esimerkiksi jos kohteella on uudempi tarkastushavainto. Tällöin tämä kunnossapitotieto on voitu menettää lopullisesti ja tämän lisäksi sen oikeellisuutta on vaikea todentaa ilman kohteen uusinta tarkastusta. Ongelma on Carunan tapauksessa korjaantunut uusinta tarkastuksilla. Jos viimeistä tarkastusta ei ole merkitty, kohde määräytyy tarkastettavaksi tarkastusrytmin mukaisesti. Tämä ongelma on siis hävinnyt itsestään.

Caruna on vuosi sitten vaihtanut verkkotietojärjestelmäänsä Tiedon Power Gridistä Trimblen Trimble NIS -järjestelmään. Tämä tehtiin osana sitä, kun Caruna eriytettiin Fortumista. Jälkeenpäin järjestelmää ja toimintatapoja on kehitetty ja niiden johdosta on täytynyt tehdä muutoksia järjestelmään. Näistä viimeisimpänä esimerkkinä se, että aikoinaan kunnossapitotiedot katosivat kokonaan järjestelmästä johtaen tilanteeseen, missä ei takautuvasti pystytty tarkastelemaan poistetun kohteen kuntotietoja. Koska verkkotietojärjestelmä ja tapa, jolla sinne dokumentoidaan aineistoa, ei ole tuttu Carunan kaikille urakoitsijoille, on törmätty tilanteisiin, missä jo masteroituja purkuja on jouduttu palauttamaan. Tällöin kunnossapitotiedot on menetetty vaikkakin kohde on yhä verkossa ja Carunan vastuulla. Tämä kohde on jouduttu tarkastamaan uudelleen. Poistetun komponentin kunnossapitotietoihin on hyvä päästä käsiksi myös vikatapauksien analysointia varten, jotta verkon käyttöä ja kunnossapittoa voidaan kehittää. Esimerkiksi vikatapauksissa

viallisen pylvään vaihdon dokumentointi poistaa vanhan pylvään kunnossapitotiedot. Halutessa tarkastella mahdollista vian aiheuttajaa ei vanhan pylvään tietoihin päässyt kärsiksi. Tämä asia korjattiin ja on nyt saatu muutettua niin, että vanhat kuntotiedot jäävät tietokantaan myös silloin, kun kohde poistetaan verkkotietojärjestelmästä.

## 4 Datan laadun parantamisehdotus

Aiemmassa luvussa 3 Kunnossapitotiedon laadun analysointi käsiteltiin mahdollisia syitä, jotka saattavat aiheuttaa nykyisiin kunnossapitotietoihin puutteita. Näiden havaittujen vaikutustekijöiden pohjalta lähdetään tekemään kehityssuunnitelmaa, millä kunnossapitotiedon laatu saataisiin paranemaan. Alkuun käydään läpi yleinen kehitys, mitä kunnossapitotiedon laadun parantamisen kannalta olisi hyvä tehdä (kappale 4.1 Yleinen kehitys), ja tämän jälkeen tarkemmin kunnossapitotiedon laadun näkökulmasta se, mitä kannattaisi tehdä kunnossapitotiedon kehittämiseksi parempaan suuntaan (kappale 4.2 Kunnossapitotiedon laadun kehittäminen).

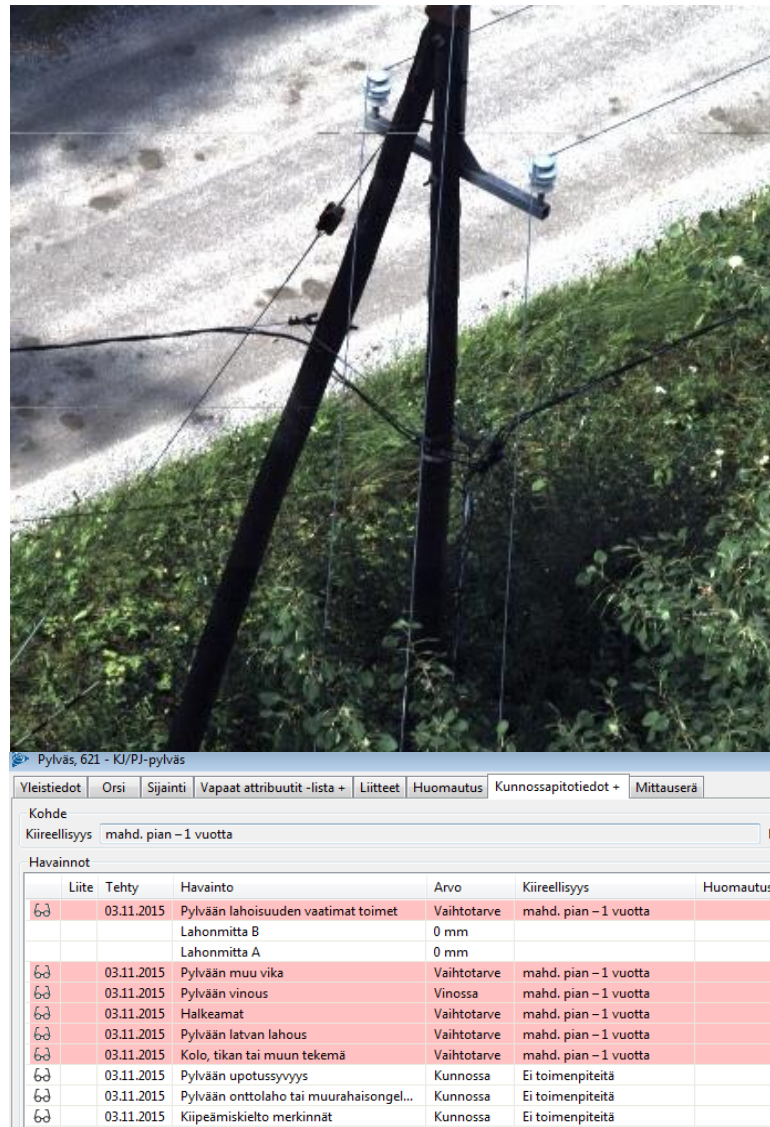
### 4.1 Yleinen kehitys

Selkeä havaittu kehitystarve kunnossapitotiedon laadun kannalta on nykyisen ohjeistuksen puute siitä, miten havaintoja kirjataan verkkotietojärjestelmään. Tämän pohjalta yleiseen kehitykseen kuuluu ohjeistuksen parantaminen tämän osalta. Erillisenä osana tämän insinööriyön jälkeen tullaan tekemään uusi ohjeistus kunnossapitohavaintojen tekemisestä. Kyseinen ohjeistus perustuu tämän työn kuntohierarkiakäsittelyyn ja on laajennettu niiltä osin, mitä tässä työssä ei ole käsitelty. Tämä ohjeistus tullaan jakamaan Carunan urakoitsijasivuilla, mistä se on kunnossapitotarkastajien käytettävissä.

### 4.2 Kunnossapitotiedon laadun kehittäminen

Tällä hetkellä pylväiden kunnossapitotiedon on pääsääntöisesti hyvää, mutta voisi sanoa, että kunnossapitotiedon vaatii kehittämistä puutteellisen ohjeistuksen takia. Ohjeistusta parantamalla saadaan kunnossapitotiedon laatua parannettua pylväiden kuntotietojen osalta. Carunalla on tällä hetkellä jo olemassa hierarkia pylväiden kuntotietoihin, mutta tämän tarkoituksenmukaisesta käytöstä puuttuu selkeä ja yksiselitteinen ohjeistus. Tämä on tunnistettu tässä insinööriyössä selkeäksi vaikuttajaksi kunnossapitotiedon

laadun kehittämistarpeeseen. Seuraavassa luvussa (4.2.1) käydään läpi esimerkinomaisesti pylväiden hierarkiaa ja miten sitä tulisi käyttää optimaalisen hyödyn saamiseksi, jotta tarkemmat kunnossapitotyöt saadaan kohdennettua oikeille kohteille ja oikeaan aikaan.



Kuva 3. Esimerkkipylväs verkossa ja sen kunnossapitotiedot järjestelmässä

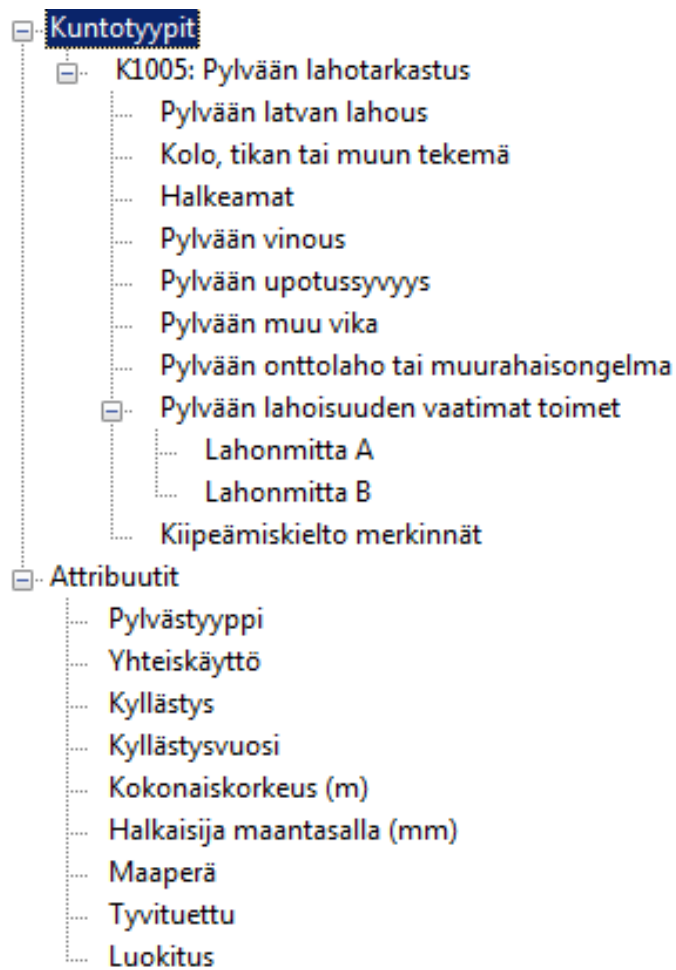
Kuvassa 3 on esitetty eräs Carunan pylväs ja tämän kunnossapitotiedot verkkotietojärjestelmän lomakkeelta. Kyseiselle pylväälle on laitettu havainnoksi melkein kaikki mahdollinen, mutta tarkastuksessa on jäänyt merkitsemättä tärkein eli pylvään lahon määrää, jota tässä pylväässä todellisuudessa on.



#### 4.3 Esimerkkikäsittely lahopylväiden osalta

Pylväiden kunnossapitohierarkiat käsittää läho- ja kunnossapitotarkastukset. Seuraavaksi käydään läpi esimerkkinä lahotarkastuksen hierarkiaa.

Kuvassa 4 esitetään pylvään lahotarkastuksen kunnossapitohierarkia Carunan verkko-tietojärjestelmässä. Seuraavaksi käydään läpi hierarkian kohteet ja laaditaan ohjeistus lahotarkastuksen dokumentoinnista kunnossapitotiedon laadun näkökulmasta.



Kuva 4. Carunan lahotarkastus kunnossapito hierarkia

#### 4.3.1 Pylvään latvanlahous

Ensimmäinen havaintotyyppi, joka pylväälle tehdään, on latvalahouden tarkistaminen. Tällöin tarkistetaan silmämääräisesti, onko pylväs latvasta laho. Pylväs lahoaa latvasta hitaammin kuin tyvestä. Tämä johtuu siitä, että latva ei ole jatkuvan kosteuden ympäröimänä. Tämän lisäksi pylvään latvassa on latvahattu suojaamassa pylvään päätä kosteudelta.

Pylvään latvan lahotarkastuksessa tulee huomioida myös se, että mahdolliset kolot latvarakenteessa saattavat tehdä pylvästä ulkonäöllisesti epätäydellisen näköisen. Tämä ei kuitenkaan aina välttämättä tarkoita sitä, että latva on laho. [10.]

Kun havainto on merkitty, täytyy sille määrittää kiireellisyysluokka. Kiireellisyysluokan mukaan määritetään, mihin aikaan mennessä on kyseiselle havainnolle tarvinnut tehdä toimenpiteitä (uudelleen tarkastaminen tai pylvään vaihto).

Mikäli pylväs saa havainnokseen pylvään latvalaho, on sille määriteltävä myös havainnon kiireellisyysluokka. Tässä noudatetaan seuraavaa asteikkoa:

- ***Mahdollisimman nopeasti – 1 vuotta:*** Pylvään lahoudesta käytetään tätä luokkaa silloin, kun näyttää, että pylvään latva on niin laho, ettei koukku pysy vuotta kauempaa pylväässä.
- ***1 – 3 vuotta:*** Pylväs saa tämän merkinnän, kun latvassa on jo selkeästi lahoamisen merkkejä ja koukun kiinnitys alkaa näyttämään pettämisen merkkejä
- ***4 – 8 vuotta:*** Tämä merkintä laitetaan pylväälle, kun pylvään latvassa on selkeästi lahoa. Kiinnitysten arvellaan kuitenkin kestävän vähintään kahdeksan vuotta, joko seuraavaan tarkastukseen tai mahdolliseen vaihtoon asti.
- ***Kunnossa:*** Pylvään tarkastustulos voi olla myös kunnossa. Tällöin pylväässä voi olla jo pieniä lahoamisen merkkejä, mutta nämä eivät aiheuta minkäänlaisia toimenpiteitä.

#### 4.3.2 Kolo, tikan tai muun tekemä

Toinen kunnossapitohavaintotyyppi on kolo, tikan tai muun tekemä. Tällä tarkoitetaan pylvään rakenteessa olevaa koloa, jonka on pääsääntöisesti tehnyt tikka tai muu eläin. Koloja on monenlaisia. Tikka tekee pesäkoloja ja käpykoloja. Näistä vahingollisempi on pesäkolo.

Havaintoa tehdessä tikankolon suuruus ja sijainti pylväässä vaikuttavat päätöksentekoon siitä, kirjataanko havainto ja kuinka kiireesti korjattavaksi. Kololla ei yleensä ole merkitsevää vaikutusta heikentävästi pylvään mekaaniseen kestävyys. Tässä juurikin kolon sijainti vaikuttaa ratkaisevammin. Kolot ovat pääsääntöisesti vahingollisia vain orsien ja koukkujen vieressä.

Kolo, tikan tai muun tekemä -havainnolle on määritelty seuraavat kiireellisyysluokat:

- ***Mahdollisimman nopeasti – 1 vuotta:*** Tämä kiireellisyysluokka asetetaan havainnolle silloin, kun koloja on useita. Ne ovat suuria (eli pesäkoloja) ja sijaitsevat orren tai koukun kiinnityspisteiden läheisyydessä sekä nämä kannatusrakenteet ovat vaarassa tippua, ellei niitä korjata seuraavan vuoden aikana. Tämä kiireellisyysluokka asetetaan myös silloin, kun kolo sijaitsee harustetun pylvään keskikohdassa ja kolo heikentää pylvään mekaanista kestävyttä oleellisesti.
- ***1 – 3 vuotta:*** Kiireellisyysluokaksi merkitään 1 – 3 vuotta silloin, kun pylväässä on paljon suuria koloja. Kannatusrakenteiden kiinnitys on selkeästi heikentynyt.
- ***4 – 8 vuotta:*** Tämä kiireellisyysluokka asetetaan silloin, kun pylväässä on huomattavan paljon koloja, mutta nämä eivät aiheuta kannatusrakenteille välitöntä vaaraa. Kolojen määrän ei oleteta lisääntyvän seuraavan kahdeksan vuoden aikana tai ennen seuraavaa tarkastusta.
- ***Kunnossa:*** Pylväälle voidaan laittaa tämä kiireellisyysluokka, vaikka siinä on koloja. Kolot eivät kuitenkaan aiheuta toimenpiteitä. Pääsääntöisesti pylväs on kunnossa, jos edellisten kiireellisyysluokkien ehdot eivät täyty.

#### 4.3.3 Halkeama

Kolmas havaintotyyppi on halkeama. Tällä tarkoitetaan pylvään rakenteessa olevaa halkeamaa. Halkeamalla ei myöskään ole itsessään vaikutusta pylvään mekaaniseen kuntoon heikentävästi. Halkeaminen on osa puun ominaisuuksia, joten havainnon kannalta tärkeää olisi saada tunnistettua ne halkeamat, jotka eivät johdu pylvään ominaisuuksista (eli esimerkiksi nyrjähdys, työkoneiden osumat, nostovaiheessa syntyneet tai salaman aiheuttamat). [10.]

Halkeamien osalta kiireellisyysluokka määräytyy seuraavasti:

- ***Mahdollisimman nopeasti – 1 vuotta:*** Kiireellisin korjausluokka saadaan tälle havainnolle silloin, kun pylvään halkeamat ovat niin suuria ja sijaitsevat sellaisissa paikossa, missä niistä on haittaa kannatusrakenteille ja nämä kannatusrakenteet ovat vaarassa irrota pylväästä.
- ***1 – 3 vuotta:*** Tämä kiireellisyysluokka asetetaan havainnolle, kun halkeamat ovat suuria ja niitä on monta. Nämä eivät kuitenkaan aiheuta suurta vaaraa kannatusrakenteille.
- ***4 – 8 vuotta:*** Tämä luokka asetetaan havainnolle silloin, kun pylväässä on halkeama/halkeamia. Halkeamat eivät kuitenkaan huononna pylvään mekaanista kestävyyttä oleellisesti.
- ***Kunnossa:*** Tämä kiireellisyysluokka voidaan asettaa havainnolle, vaikka pylväässä olisi pieniä halkeamia. Halkeamat eivät kuitenkaan vaikuta pylvään mekaaniseen kestävyYTEEN ja ovat enemmänkin esteettisiä.

#### 4.3.4 Pylvään vinous

Pylvään vinoudella tarkoitetaan sitä, että pylväs on kallistunut johonkin suuntaan. Tässä havaintotyyppissä on tärkeää ymmärtää, ettei pylvään pientä vinoutta kannata merkitä korjattavaksi. Tämä siksi, että pylvään oikaisusta voi seurata se, että pylväs alkaa lahoamaan nopeammin, koska uusi maan pinta on ylempänä kuin pylvään kyllästysaineen maan taso.

Kiireellisyysluokkina pylvään vinouden osalta on:

- ***Mahdollisimman nopeasti – 1 vuotta:*** Tämä kiireellisyysluokka on suositeltavaa laittaa pylväälle silloin, kun pylväs on reilusti kallistunut yli 2 metriä (yli 2 puolikkaan taso-orren leveyttä) ja on oletettavaa, että se jatkaa edelleen kallistumista. Koitettaessa pylväs tuntuu olevan irti eli heiluu.
- ***1 – 3 vuotta:*** Kiireellisyysluokaksi asetetaan 1 – 3 vuotta, kun pylväs on reilusti kallistunut (1-2 puolikkaan taso-orren leveyttä). Maa kuitenkin pitää pylvästä pystyssä eli pylväs on siis tukevasti pystyssä, vaikka se on kallistunut reilustikin. Pylväs kallistaa myös muita vieressä olevia pylväitä.
- ***4 – 8 vuotta:*** Kiireellisyysluokaksi asetetaan tämä luokka silloin, kun pylväs on kallellaan enemmän kuin yhden 1 metrin (1 taso-orren puolikkaan) mitan verran. Se kuitenkin seisoo tukevasti tässä asennossa.
- ***Kunnossa:*** Havainnolle voidaan asettaa kiireellisyysluokka Kunnossa, jos pylväs on kallellaan alle orren mitan ja kallistuminen voi olla seurausta normaalista maan elämisestä.



Kuva 5. Vinot pylväät

Kuvassa 5 on esitetty kohta ilmajohtolinjasta, jossa pylvään vinous vaikuttaa muihinkin pylväisiin kallistaen myös näitä. Kuvassa eniten kallistuneelle pylväälle tulisi asettaa kiireellisyysluokaksi 1 -3 vuotta ja lisätiedoksi, että pylväs kallistaa muita pylväitä. Muut kallistuneet pylväät taas saavat kiireellisyysluokakseen Kunnossa.

#### 4.3.5 Upotussyvyys

Pylvään upotussyvyden määrittäminen on yleensä hyvin hankalaa, koska pylvään kylästyksestä kertova naula on vasta vuodesta 1985 asetettu kolmen metrin korkeudelle tyvestä. Niinpä tätä vanhempien pylväiden upotussyvyttä on vaikea arvioida. Standardissa SFS 2662 määritellään kyllästysmerkin korkeudeksi kolme metriä. Kolmen metrin sääntö ei kuitenkaan aina päde uusienkaan pylväiden osalta, sillä pylvästä on saatettu lyhentää tyvestä. Upotussyvyden on oltava 1/7 pylvään pituudesta tai vähintään 1,4 metriä. [10.]

Upotussyvyden osalta kiireellisyysluokat jakautuvat seuraavin perustein:

- ***Mahdollisimman nopeasti – 1 vuotta:*** Upotussyvyden osalta tämän kiireellisyysluokan saa ne pylväät, joista voidaan todeta, että tyvi on pinnassa ilman minikäänlaisia haruksia tai tukia. Lisäksi vieressä on kaivantoja ja on todennäköistä, että maata-ainesta on lähdössä pylvään ympäriltä pois.
- ***1 – 3 vuotta:*** Tämä kiireellisyysluokka asetetaan niille pylväille, joiden tyvi näkyy ja pylväällä ei ole haruksia tai muita tukia. Erona edelliseen kiireellisyysluokkaan on se, että näissä tapauksissa ei nähdä todennäköisyyttä sille, että maa-aines olisi pylvään ympäriltä katoamassa.
- ***4 – 8 vuotta:*** Tässä kiireellisyysluokassa on oletettavaa, että pylvään upotussyvyys ei täytä asetettuja suosituksia. Pylväs kestää kuitenkin seuraavaan tarkastukseen asti eikä ole kallistunut puutteellisen upotussyvyden takia.
- ***Kunnossa:*** Pylväs saa tämän luokan, kun pylvään todetaan olevan kunnossa upotussyvyden osalta.

#### 4.3.6 Pylvään onttolaho tai muurahaisongelma

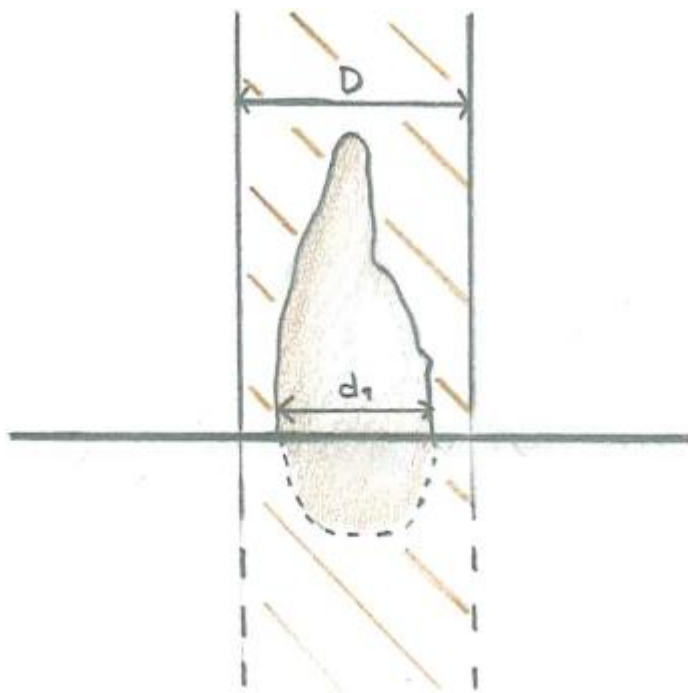
Pylvään onttolaholla tarkoitetaan pylvästä, joka on sisältä laho. Yleensä onttolahot pylväät ovat kreosoottikyllästeisiä. Pylväs luokitellaan erikseen onttolahoksi lahon pylvään sijaan sen takia, että onttolaho ei vaikuta pylvään taivutuslujuuteen paljoakaan. Muurahaisongelmalla tarkoitetaan taas sitä, että muurahaiset ovat tehneet pylvääseen pesän. Pylväs on tällöinkin todennäköisesti laho sisältä.

Tällä ja seuraavalla sivulla (sivu 21) esitetään, minkä ehtojen pohjalta pylvään onttolaholle tai muurahaisongelmalle asetetaan kiireellisyysluokka. Tässä apuna käytetään taulukkoa, johon on määritetty maksimikoko pylvään onttolaholle (taulukko 4).

Taulukko 4. Pylvään onttolahon maksimitat pylvään halkaisijan mukaan

		D (cm)													
		31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18
d1 (cm)	22	28													
	21	29	27												
	20	29	27	27											
	19	29	28	27	26										
	18	30	29	27	26	25									
	17	30	29	28	27	26	24								
	16	30	29	28	27	26	25	24							
	15	30	29	28	27	26	25	24	23						
	14	31	30	28	27	26	25	24	23	22					
	13	31	30	29	28	27	25	24	23	22	21				
	12	31	30	29	28	27	26	25	23	22	21	20			
	11	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	20	19		
10	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19		
9	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	





Kuva 6. Pylvään onttolahon maksimimitat pylvään halkaisijan mukaan

Taulukossa 4 keltaisella on korostettu ne pylvään halkaisijan mitat maanpinnan tasolla, joita on Carunan verkossa eniten.  $D$ :llä tarkoitetaan pylvään koko halkaisijaa,  $d$ :llä taas tarkoitetaan pylvään tervettä tyvihalkaisijaa ja  $d_1$  tarkoittaa taas pylväässä olevan ontelon halkaisijaa. [10.]

Kuvassa 6 on esitetty pylvään onttolahon mitat. Kuvassa esitetyt suureet ( $D$  ja  $d_1$ ) linkittyvät taulukkoon 4 (sivu 20).

Taulukon 4 (sivu 20) perusteella Carunan yleisimmille pylvästyypeille sallittu onttolahon suuruus on tämän mukaan:

- 13 cm, silloin kun pylvään halkaisija on 23 cm
- 12 cm, silloin kun pylvään halkaisija on 21 cm ja
- 10 cm, silloin kun pylvään halkaisija on 19 cm.

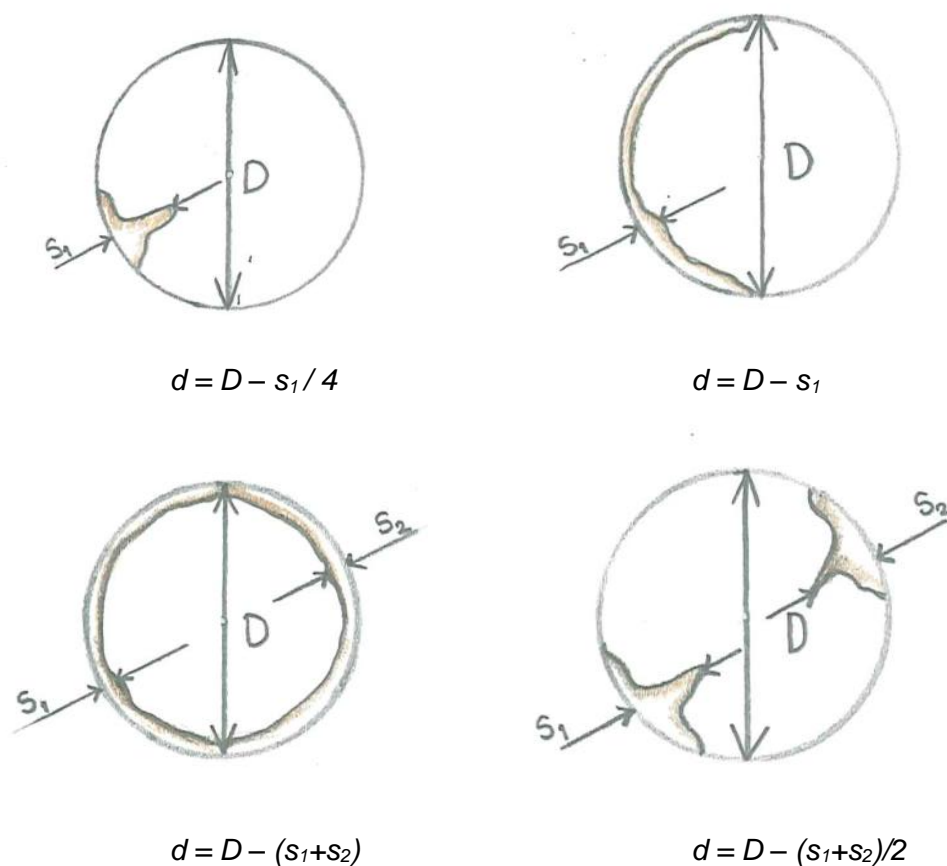
Seinämän paksuuden tulee siis olla noin viisi senttimetriä.

Taulukon 4 (sivu 20) tietojen perusteella onttolahon tai muurahaisongelman kiireellisyysluokat ovat seuraavat:

- ***Mahdollisimman nopeasti – 1 vuotta:*** Tämä asetetaan havainnon kiireellisyysluokaksi silloin, kun seinämän paksuudeksi jää alle viisi senttimetriä ja pylväs sijaitsee paikassa, jossa pylvään kaatumisesta aiheutuu vaaraa (esimerkiksi yleiset alueet ja piha-alueet). Seinämän paksuus on merkittävä ylös verkkotietojärjestelmään.
- ***1 – 3 vuotta:*** Kiireellisyysluokaksi asetetaan tämä, kun pylvään seinämän paksuudeksi jää alle viisi senttimetriä. Pylväs sijaitsee metsässä tai pellolla, joissa ei ole niin paljoa vaaraa kuin piha-alueella. Seinämän paksuus on merkittävä ylös verkkotietojärjestelmään.
- ***4 – 8 vuotta:*** Havainnolle asetetaan tämä luokka silloin, kun pylvään seinämän paksuus ei ole vielä kriittisellä rajalla ja voidaan odottaa seuraavaa tarkastusta. Seinämän paksuus on merkittävä ylös verkkotietojärjestelmään.
- ***Kunnossa:*** Tämä luokka asetetaan pylväälle, kun laho on alkavaa tai pylväs on muutoin kunnossa.

#### 4.3.7 Pylvään lahoisuuden vaatimat toimet

Pylvään lahoisuuden vaatimilla toimilla tarkoitetaan pylvästä, joka on pintalahoa. Pintalahoa voi syntyä esimerkiksi kun kyllästysaine huuhtoutuu pylvään pinnalta pois tai kyllästysaineessa tapahtuu ajan saatossa kemiallisia muutoksia, mikä johtaa aineen heikkenemiseen. Pintalahoa on tyypiltään joko katkolahoa tai ruskolahoa. Harvinaisempi lahotyyppi näiden lisäksi on valkolaho (kuva 8 sivulla 28).[10.]



Kuva 7. Terveen tyvihalkaisijan määrittäminen pintalahoiselle pylväälle

Kuvan 7 kaavoissa  $D$ :llä tarkoitetaan pylvään koko tyvihalkaisijaa,  $d$ :llä tarkoitetaan pylvään tervettä tyvihalkaisijaa ja  $s$ :llä tarkoitetaan lahon osan syvyyttä. [10.]

Kuvassa 7 vasemmassa yläkulmassa esitetyn lahotyyppin terve tyvihalkaisija ( $d$ ) saadaan laskettua kaavalla 1:

$$d = D - s_1/4 \quad (1)$$

Kaavassa  $D$ :llä tarkoitetaan pylvään halkaisijaa ja  $s_1$ :llä lahon syvyyttä.

**Esimerkki 1:**

Jos siis esimerkiksi pylvään halkaisija  $D$  on 190 mm ja lahoa mitattu 45 mm,  $s_1$ , saadaan terveen tyven halkaisijaksi kaavalla 1:

$$d = D - s_1/4 = 190 - 45/4 \approx 179 \text{ (mm)}.$$

Kuvassa 7 sivulla 23 oikeassa yläkulmassa esitetylle lahotyypille lasketaan terveen tyven mitta kaavalla 2:

$$d = D - s_1 \quad (2)$$

Kaavassa  $D$ :llä tarkoitetaan pylvään halkaisijaa ja  $s_1$ :llä lahon syvyyttä.

Seuraavassa esimerkissä (esimerkki 2) lasketaan auki esimerkiksi yhden pylvään terve tyvihalkaisija.

**Esimerkki 2:**

Jos siis esimerkiksi pylvään halkaisija  $D$  on 190 mm ja lahoa mitattu 45 mm,  $s_1$ , saadaan terveen tyven halkaisijaksi kaavalla 2:

$$d = D - s_1 = 190 - 45 \approx 145 \text{ (mm)}.$$

Kuvassa 7 sivulla 23 vasemmassa alakulmassa esitytetyin lahotyyppin terve tyven halkaisija saadaan laskettua kaavalla 3:

$$d = D - (s_1 + s_2) \quad (3)$$

Kaavassa  $D$ :llä tarkoitetaan pylvään halkaisijaa,  $s_1$ :llä ensimmäisen puoliskon mitattua lahon syvyyttä ja  $s_2$ :lla toiselta puolelta mitattu lahon syvyyttä.

Seuraavalla sivulla (sivu 25) on laskettu esimerkki (esimerkki 3) terveen tyven halkaisijasta tällä lahotyypillä eräällä pylväällä.

**Esimerkki 3:**

Jos siis esimerkiksi pylvään halkaisija  $D$  on 190 mm, lahoa mitattu ensimmäiseltä puolelta 45 mm ( $s_1$ ) ja toiselta puolelta 45 mm ( $s_2$ ), saadaan terveen tyven halkaisijaksi kaavalla 3:

$$d = D - (s_1 + s_2) = 190 - (45 + 45) \approx 100 \text{ (mm)}.$$

Kuvassa 7 sivulla 23 oikeassa alakulmassa esitetylle lahotyypille lasketaan terve tyvihalkaisija kaavalla 4:

$$d = D - (s_1 + s_2)/2 \tag{4}$$

Kaavassa 4  $D$ :llä tarkoitetaan pylvään halkaisijaa,  $s_1$ :llä ensimmäisen puoliskon mitattua lahon syvyyttä ja  $s_2$ :lla toiselta puolelta mitattu lahon syvyyttä.

Esimerkissä 4 lasketaan auki esimerkkitapaus tämän lahotyypin pylväästä.

**Esimerkki 4:**

Jos siis esimerkiksi pylvään halkaisija  $D$  on 190 mm, lahoa mitattu ensimmäiseltä puolelta 45 mm ( $s_1$ ) ja toiselta puolelta 45 mm ( $s_2$ ), saadaan terveen tyven halkaisijaksi kaavalla 4:

$$d = D - (s_1 + s_2)/2 = 190 - (45 + 45)/2 \approx 145 \text{ (mm)}.$$

Pylväisiin asennetaan keltaiset varoitusnauhat (joiden määrä riippuu pylvään kunnosta) työturvallisuuden varmistamiseksi. Taulukossa 5. esitetään, koska nauhat asennetaan pylväälle.

Taulukko 5. Pylvään nauhoitusperusteet.

L (m)	1 nauha	2 nauha
6	13	11
7	14	12
8	14	12
9	15	13
10	15	13
11	16	14
12	17	15
13	18	16
NN.	+1 cm	+1 cm

**L = pylvään maanpäällisen osan pituus (koko pituus – 2 m)**

**1 nauha= terve tyvihalkaisijanmitta (cm), jolla asennetaan yksi keltainen nauha**

**2 nauha= terve tyvihalkaisijanmitta (cm), jolla asennetaan kaksi keltaista nauhaa**

**NN. = Terveen tyvenhalkaisijan mitta kasvaa 1 senttimetrin jokaista metriä kohden**

Jos siis **esimerkissä 1** (sivu 24) esitetty pylväs olisi pituudeltaan kahdeksan metriä, pylvään terve tyvihalkaisija olisi riittävä eikä siihen tarvitsisi laittaa varoitusnauhoja. Laskettu terve tyvihalkaisija 179 mm ja ensimmäinen varoitusnauha kyseisen pituiselle pylväälle laitetaan vasta, kun terve tyvihalkaisija on 140 mm (katso taulukko 5, L:n kohdasta 8).

Jos siis **esimerkissä 2** (sivu 24) esitetty pylväs olisi myöskin tässä tapauksessa pituudeltaan kahdeksan metriä, pylvään terve tyvihalkaisija olisi tässäkin tapauksessa riittävä. Laskettu terve tyvihalkaisija oli 145 mm ja 1 nauha laitetaan edelleenkin vasta, kun terve tyvihalkaisija on 140 mm (taulukko 5).

Jos jatketaan tarkastelua samanpituisella pylväällä (pituus kahdeksan metriä) myös **esimerkin 3** (sivu 25) osalta, voidaan huomata, että nyt pylväälle tulisi lisätä nauhat. Terveen tyven halkaisijaksi on saatu 100 mm. Pylväälle tulisi laittaa 1. nauha, kun terve tyven halkaisijan on 140 mm ja toinen nauha, kun pylvään terve tyvihalkaisija on 120 mm. Näin ollen esimerkin 3 lahotyyppissä pylväälle tulisi asentaa kaksi keltaista kiipeämis-kieltonauhaa.

Jos vertailua jatketaan samalla pylvään pituudella myös **esimerkin 4** (sivu 25) tulosten pohjalta, voidaan huomata, että tässä lahotyyppitapauksessa ei myöskään ole tarvetta

asentaa nauhoja. Esimerkissä 4 terveeksi tyven halkaisijaksi saatiin 145 mm. Tätä arvoa vertaamalla taulukkoon 5 arvoihin, voidaan huomata, ettei ehto nauhojen asentamiselle täyty.

Pylvään lahoisuuden vaatimille toimille määritetään kiireellisyysluokka seuraavin perustein:

- ***Mahdollisimman nopeasti – 1 vuotta:*** Kiireellisyysluokaksi asetetaan tämä, silloin kun pylväs saa kaksi keltaista kiipeämiskieltonauhaa. Nämä määräytyvät taulukon 2 mukaan. Lahomitta on ilmoitettava ja pylvään sijainti (maastossa) on ratkaisevassa asemassa. Tällä tarkoitetaan siis sitä, sijaitseeko pylväs piha-alueella tai muulla julkisella alueella. Pylväälle asennetaan nauhat ja nämä merkitään verkkotietojärjestelmään kiireellisyysluokan lisäksi.
- ***1 – 3 vuotta:*** Tämä kiireellisyysluokka asetetaan havainnolle silloin, kun pylväälle laitetaan kaksi keltaista kiipeämiskieltonauhaa. Lahon mitta on tällöinkin erikseen ilmoitettava. Tämän kiireellisyysluokan pylväät sijaitsevat kumminkin alueella, jossa pylvään kaatuminen ei aiheuta yhtä suurta vaaraa, kuin Mahdollisimman nopeasti – 1 vuotta -luokan saavat pylväät. Pylväs on esimerkiksi metsässä tai pellolla. Nauhat lisätään pylväälle ja kirjataan ylös verkkotietojärjestelmään.
- ***4 – 8 vuotta:*** Kun pylväälle laitetaan yksi keltainen kiipeämiskieltonauha, saa pylvään havainto tämän kiireellisyysluokan. Lahon mitta on tässäkin tapauksessa erikseen ilmoitettava. Pylväälle asennetaan nauha ja tämä kirjataan verkkotietojärjestelmään. Havainto ei myöskään ole niin akuutti etteikö seuraavaa tarkastusta voida odottaa tai pylvään uusimista 4-8 vuoden aikajänteellä voida odottaa.
- ***Kunnossa:*** Tämän kiireellisyysluokan pylväät laho-tarkastetaan. Näissä havaitaan tai ei havaita lahoa. Mikäli lahoa on havaittu, tulee sen jäädä alle yhden keltaisen nauhan rajaa (katso taulukko 5 sivu 26). Tässäkin tapauksessa mahdollisen lahon mitta on ilmoitettava.

Kuvassa 8 sivulla 28 on esimerkkikuva pylväästä, joka näyttää haljenneelta. Tämä tilanne on oletettavasti aiheutunut mikrosienen aiheuttamasta valkolahosta. Se näyttää erehdyttävästi pylvään halkeamalta, vaikka todellisuudessa on lahoa.





Kuva 8. Valkolaho pylväs



Kuva 8 toimii hyvänä esimerkkinä siitä, kuinka kuntohavainto on riippuvainen tarkastajastaan. Kuvan 8 tapauksessa pylvälle tulisi asettaa havainnoksi halkeaman sijaan laho-havainto. Lisätietokenttään voidaan kirjata, että pylväs halkeilee vuosirenkaidensa myötäisesti.



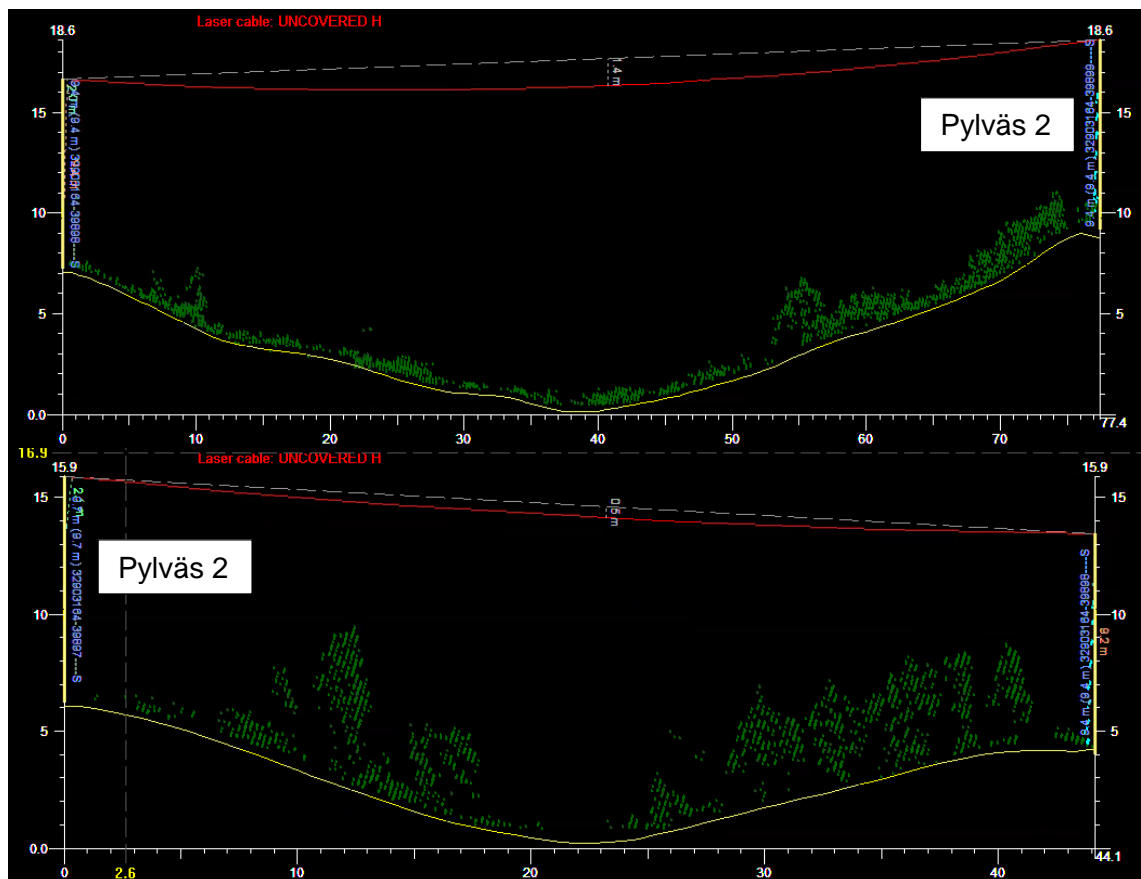
Kuva 9. Esimerkkikuva lahosta pylväästä

Kuvassa 9 on esitetty kuva lahosta pylväästä. Pylvästä on piikitetty kuntotarkastajan piikillä. Piikkiosa on uponnut pylvääseen kokonaan ja myös osa kahvasta. Pylväs on siis erittäin laho. Kuvassa 10 sivulla 30 tullaan esittämään lahopylväs juurituella. Pylvään lahoudesta kertoo se, että pylväs on katkennut pylvään vaihdon yhteydessä.



Kuva 10. Laho pylväs jossa juurituki

Kuvassa 11 esitetään erään pylvään kohdalta poikkileikkaukset linjasta molempiin suuntiin. Tätä kuvan pylvästä tullaan myöhemmässä vaiheessa käyttämään esimerkkikohteenä.



Kuva 11. Yhden pylvään pylväsväli molempiin suuntiin (Visimind)

Kuvassa 11 sivulla 30 esitettiin yhden pylvään pylväsväli molempiin suuntiin linjasta, eli ensimmäiseltä pylväältä toiselle pylväälle ja toiselta kolmannelle pylväälle. Toinen pylväs on juuri se, mitä tarkastellaan seuraavassa esimerkissä, jossa lasketaan pylvään kriittinen tyvihalkaisija T/J-kuormalla.

Esimerkkikuvassa 11 oleva pylväs on pituudeltaan 12 m, josta maan pinnalla on 10 metriä. Korkeusvaihtelua maastosta johtuen on 2 metriä. Pylvään halkaisija on 23cm ja lahoa tällä pylväällä on 42 mm yhteensä. Johtimena tässä pylväässä on AF99 (Pigeon). Jännevälien pituudet ovat 77,4 metriä ja 44,2 metriä.

Seuraava esimerkki kriittisestä tyvilahon määrittelystä verkostosuosituksen pohjalta esittää kirjoittajan oma tulkinta suosituksesta, koska kyseinen suositus on vaikeaselkoinen.

Kriittinen tyvihalkaisija ( $T_k$ ) lasketaan seuraavasti kaavalla 5:

$$T_k = t + k_L \times L + k_S \times S + k_Y \times Y, \quad (5)$$

jossa  $t$  on tyven perusarvon mukainen tyvihalkaisija arvo,  $k_L$  on pituuden muutoksen kerroin,  $L$  on pituus,  $k_S$  on jännevälän kerroin,  $S$  on jännevälän pituus,  $k_Y$  on korkeusvaihtelun kerroin ja  $Y$  on korkeusvaihtelun arvo.

Tyven perusarvon mukainen tyvihalkaisija  $t$  saadaan liitteessä 1 (sivu 1) olevasta taulukosta. Tällöin taulukosta haetaan oikean tyyppisen johtimen kohdalta perusarvo tyvihalkaisijalle. Tässä esimerkissä  $t$ :n arvoksi saadaan 16,5.  $L$ ,  $S$  ja  $Y$ :n arvot luetaan niin ikään myös liitteen 1 taulukosta sivulta 1.

Kaavassa viisi on esitetty erinäisiä kertoimia. Kertoimien arvot tulee laskea ensi alkuun ja ne saadaan seuraavasti:

- $k_L$ :n eli pituuden muutoksen kerroin lasketaan kaavalla 6

$$k_L = P - 7, \quad (6)$$

jossa  $P$  on pylvään pituus maanpäältä mitattuna ja 7 on pylvään oletettu normaali pituus maan päältä mitattuna, jonka mukaan liitteen 1 taulukot on määritetty.

Esimerkin kohteella pituuden muutuskertoimeksi saadaan tällöin

$$k_L = P - 7 = 10 - 7 = 3.$$

- $k_S$ :n eli jännevälin kerroin lasketaan kaavalla 7

$$k_S = \frac{\frac{j_1+j_2}{2}Sl}{10}, \quad (7)$$

jossa  $j_1$  on ensimmäisen jännevälin pituus ja  $j_2$  on toisen jännevälin pituus. Näiden pohjalta lasketaan jännevälin keskiarvo eli ne summataan ja jaetaan kahdella.  $Sl$  on jännevälille asetettu lähtöarvo. Tämä lukee liitteessä 1 sivun 1 taulukon lähtöarvotiedoissa. Kaavassa tulos jaetaan 10:llä, sillä jokaista perusarvon ylittävää jännevälin kymmentä metriä kohden kasvatetaan halkaisijaa sarakkeen S verran (katso liite 1 sivu 1).

Esimerkissä kertoimeksi  $k_S$  saadaan kaavalla 7:

$$k_S = \frac{\frac{j_1+j_2}{2}Sl}{10} = \frac{\frac{77,4+44,2}{2}-40}{10} \approx 2.$$

- $k_Y$ :n eli korkeusvaihtelun kerroin lasketaan kaavalla 8:

$$k_Y = ((\frac{p_1}{p_2} - 1) - 0,05) \times 10) \times Y. \quad (8)$$

jossa  $p_1$  on ensimmäisen pylvään johtimien kiinnityspisteen korkeus ja  $p_2$  on toisen pylvään johtimien kiinnityspisteen korkeus. Esimerkin kohteessa  $p_1$  on 8 metriä ja  $p_2$  on 10 metriä.  $p_1$ :sen ja  $p_2$ :sen suhdelvusta vähennetään yksi, jotta saadaan prosentuaalinen osuus kiinnityspisteiden vaihtelulla. Tästä puolestaan vähennetään 0,05, joka on peruskorkeusvaihtelun perusarvo. Tämä tulos kerrotaan vielä kymmenellä, jotta saadaan jokaista perusarvoa ylittävää kymmenys selville.

Esimerkissä korkeusvaihtelun kertoimeksi saadaan kaavalla 8

$$k_Y = ((\frac{p_1}{p_2} - 1) - 0,05) \times 10) \times Y = ((\frac{8}{10} - 1) - 0,05) \times 10) \times 0,55 \approx 2$$

Kun kertoimien arvot on saatu määritettyä, voidaan laskea kriittinen tyvihalkaisija ( $T_k$ ) kaavalla 5:

$$T_k = t + k_L \times L + k_S \times S + k_Y \times Y = 16,5 + 3 \times 0,9 + 2 \times 0,45 + 1,1 \times 0,55 = 21.$$

Kaavaan L, S ja Y luettu liitteen 1 sivun 3 taulukosta.

Tällä esimerkillä tervetyvihalkaisija saa olla 21 senttimetriä. Aikaisemmin esitetyn taulukon 5 (sivu 26) mukaan pylväs olisi saanut terveen tyvihalkaisijan ollessa 15 senttimetriä yhden keltaisen nauhan ja kun terve tyvihalkaisija on 13 senttimetriä, kahdet keltaiset nauhat.

#### 4.3.8 Pylvään muu vika

Pylvään muu vika -havaintoa käytetään silloin, kun mikään edellä mainituista vioista ei kuvaa tarpeeksi hyvin pylvään tämänhetkistä vikaa. Tätä havaintotyyppiä tulee kuitenkin välttää, sillä epämääräisyytensä ansiosta kohdetta on vaikea korjauttaa pelkästään tämän tiedon avulla. Mikäli kuitenkin tämä havaintotyyppi on ainut vaihtoehto täytettäväksi pylvään kuntotietoihin, on pylvään kunnossapitohavainnon kommenttikenttään kirjoitettava tarkennus viasta. Tarkennuksessa on kerrottava, mikä on pylväässä vialla ja kuinka se on korjattavissa.

Kiireellisyysluokan määrittely tälle havaintotypille pohjautuu seuraavaan:

- ***Mahdollisimman nopeasti – 1 vuotta:*** Kiireellisyysluokaksi asetetaan tämä havainnolle silloin, kun havaittu vika vaatii paikaista korjausta, mutta ei kuitenkaan aiheuta välitöntä vaaraa tai haittaa sähkönjakelulle.
- ***1 – 3 vuotta:*** Mikäli vika ei vaadi pikaista korjausta, mutta ei välttämättä kestä myöskään seuraavaan tarkastukseen asti, tulee havainnolle asettaa tämä kiireellisyysluokka.
- ***4 – 8 vuotta:*** Tämä kiireellisyysluokka asetetaan havainnolle silloin, kun vika on sellainen, ettei sen oleteta pahenevan, vaan pylväs voi odottaa seuraavaan tarkastukseen.
- ***Kunnossa:*** Kun tieto on enemmänkin informatiivinen, asetetaan tämä kiireellisyysluokka havainnolle. Havainto ei myöskään aiheuta toimenpiteitä tässä tapauksessa.

#### 4.4 Kunnossapitotiedon laadun kehittäminen muiden insinöörityön kohteiden osalta

Aiemmin esitetyn pylvään kuntohierarkian avauksen pohjalta voidaan laatia myös muuntamoille ja erottimille omat kuntohierarkiat. Tässä työssä esitettyjä pylvästarkastusohjeita voidaan osin soveltaa myös pylväsmuuntamoiden ja pylväserottimien pylväisiin. Muuntamoiden ja erottimien kuntohierarkioiden avaaminen jätetään kuitenkin tästä työstä ulkopuolelle niiden laajuuden vuoksi.

## **5 Kehityssuunnitelman vaikutus kunnossapitotiedon laatuun**

Edellä esitetty analyysi nykyisestä kunnossapitotiedon laadusta toi esiin selkeän kehitystarpeen ohjeistuksen osalta. Näin ollen insinööriyössä esitetty kehityssuunnitelma, eli ohjeistuksen parantaminen ja hierarkian avaaminen kohteille, parantaa ohjeistuksen laatua.

Selkeä tieto siitä, mitä mikäkin havainto tarkoittaa ja mikä kiireellisyysluokka kuuluu millekin havaintotyyppille, helpottaa kunnossapito tarkastajan työtä. Samoilla periaatteilla työskenteleminen tasaa myös kunnossapitotiedon laatua ja mahdollistaa kunnossapitotiedon vertailun myös eri maantieteellisten alueiden välillä.

Kehittämissuunnitelman mukainen hierarkian avaus selkeyttää kunnossapito-ohjeistusta ja tuo sen tähän päivään. Ohjeistus saadaan vastaamaan myös paremmin uutta verkko-tietojärjestelmää. Tämä helpottaa urakoitsijan työtä ja tuo ajansäästöä. Myös Caruna hyötyy tästä, sillä kunnossapitotarkastusten tekemisestä tulee kustannustehokkaampaa sen johdosta, ettei aikaa kulu ohjeiden etsimiseen sekä tulkintojen tekemiseen havainnoista ja niiden vakavuudesta.

Kunnossapitotöiden tekeminen helpottuu myös uuden hierarkian avauksen johdosta, sillä tämä mahdollistaa paremmin havaintojen luokittelun. Havaintojen luokittelun pohjalta uudelleen tarkastettavat ja vaihdettavat kohteet voidaan paremmin valikoida massasta.

## 6 Yhteenveto

Nykyistä kunnossapitotietoa analysoidessa huomattiin kunnossapitotiedon laatuun vaikuttaneen useita eri tekijöitä. Nykyisen kunnossapitotiedon laatuun on vaikuttanut Carunan muodostuminen useammasta eri sähkönsiirtoyrityksestä yhdeksi ja samaksi yritykseksi. Tämän jäljet näkyvät osittain vielä tänä päivänäkin aluekohtaisissa käytännöissä. Kunnossapitotiedon laatuun heijastui myös useat eri konversiot verkkotietojärjestelmässä, jotka ovat myös seurausta yrityskaupoista. Lisäksi kunnossapitotöiden aiempi ohjeistus- ja työnvalvonta on mahdollistanut kunnossapitotiedon laadun vaihtelun ja moniselitteisyyden.

Merkittävin nykyiseen kunnossapitotiedon laatuun vaikuttava asia on kuitenkin ohjeistus. Ohjeistusta on, mutta se ei sovellu saumattomasti nykyiseen verkkotietojärjestelmään tai se on osin puutteellista. Lisäksi ohjeistus on osiltaan merkitty vanhentuneeksi eikä päivitettyä ohjeistusta välttämättä löydy. Ohjeistustavassa on myös parantamisen varaa. Nykyinen ohjeistustapa on raskas, sillä ohjeessa saatetaan viitata johonkin toiseen ohjeistukseen jonkin kohdan osalta. Niinpä yhden ohjeen lukemisen sijaan joudutaan useampaa ohjetta lukemaan, jotta yhteen yksinkertaiseen asiaan saadaan oikea ohjeistus.

Insinööriyön lopputuloksena on kehityssuunnitelma sille, miten kunnossapitotiedon laatua saadaan parannettua. Kehityssuunnitelman pääsisältö on ohjeistuksen uusiminen sellaiselle tasolle, että se on helppo ymmärtää, tarjoaa selkeät vastaukset sille, mitä mikäkin havaintotyyppi on ja mahdollistaa havainnon kiireellisyysluokan asettamisen oikeaksi. Näiden pohjalta kunnossapitotieto saadaan yhdenmukaiseksi kaikilla Carunan jakelualueilla. Tarkastaja pääsee keskittymään paremmin kohteen tarkastamiseen ja tulosten kirjaamiseen ylös sen sijaan, että tekee tulkintoja maastossa.

Selkeät kirjaamisohjeet havainnoille ja kiireellisyysluokille mahdollistavat Carunan puolella kunnossapitotiedon tarkan analysoinnin. Tällöin koko tarkastusketju muuttuu tehokkaammaksi. Sen sijaan, että tarkastaja tekee omia tulkintojaan maastossa ja analysoi kohdetta, tehdään tämä työ siellä, missä se on loogisinta tehdä. Tästä hyvä esimerkki on lahotarkastukset. Carunan kannalta oleellista olisi näissä saada lahomitat ylös sen sijaan, että keskitytään pylvään esteettiseen ulkonäköön ja sen pohjalta tehdään tulkintoja pylvään lahoudesta. Tällöin tulokset ovat paremmin vertailtavissa keskenään. Vaihdettavat sekä uudelleen tarkastettavat kohteet voidaan myös paremmin erottaa kunnossapitotiedon suuresta massasta.



Kehityssuunnitelmassa avattiin pylvään lahotarkastuksen kuntohierarkia. Tämän pohjalta tulisi laatia samalla logiikalla muillekin verkon komponenteille kuntohavaintojen kirjaamisohjeet. Tärkeintä ohjeistuksessa on selkeys ja yksiselitteisyys.

## Lähteet

- 1 Finlex, 2016. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöön-  
otosta ja käytöstä. Nettisivu. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1996/19960517>. Lu-  
ettu 27.2.2016.
- 2 Caruna yrityksenä. 2016. Carunan kotisivut. [https://www.caruna.fi/caruna/yrityk-  
semme/jaamme-hyvaa-energiaa](https://www.caruna.fi/caruna/yrityk-<br/>semme/jaamme-hyvaa-energiaa). Luettu 27.2.2016.
- 3 Carunan jakeluverkkoalueet. 2016. Carunan kotisivut. [https://caruna-cms-  
prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/styles/full/s3/suomi\\_kartta\\_jakelualueet\\_ca-  
runa\\_rgb\\_fi2.jpg?2dZX5Q5VJaylcacOTjk3arTXeVlJEJs&itok=uVKGTbyh](https://caruna-cms-<br/>prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/styles/full/s3/suomi_kartta_jakelualueet_ca-<br/>runa_rgb_fi2.jpg?2dZX5Q5VJaylcacOTjk3arTXeVlJEJs&itok=uVKGTbyh). Luettu  
28.2.2016.
- 4 Ruppia E. 2004. Johdatus sähkölaitostekniikkaan. Opetusmoniste. Verkkodoku-  
mentti. <http://salabra.tp.samk.fi/er/siirto/johdatus.doc> SAMK/TEKPO. Pori. Luettu  
6.3.2016.
- 5 Energiavirasto, 2015. Sähkönjakeluverkon komponenttien pitoaikojen rooli talou-  
dellisessa valvonnassa . verkkodokumentti. [https://www.energiavirasto.fi/docu-  
ments/10179/0/Caruna+Oy+ja+Caruna+Espoo+Oy+-+liite.pdf/ecf145dd-9a1e-  
4259-9a30-901bef520ea3](https://www.energiavirasto.fi/docu-<br/>ments/10179/0/Caruna+Oy+ja+Caruna+Espoo+Oy+-+liite.pdf/ecf145dd-9a1e-<br/>4259-9a30-901bef520ea3). Luettu 5.3.2016.
- 6 Tiedot Carunan verkon nykytilasta. 5.3.2016. Trimble NIS. Trimble. Carunan  
verkkotietotärjestelmä.
- 7 Elovaara J. & Haarala L. 2011. Sähköverkot II, verkon suunnittelu, järjestelmät ja  
laitteet. Otatieto. Helsinki.
- 8 Tukes ohje. S4-11 Sähkölaitteistot ja käytönjohtajat. 2011. [http://www.tu-  
kes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/1Sahko-ja-hissit/S4-11-Sahkolaitteistot-ja-kayton-  
johtajat/](http://www.tu-<br/>kes.fi/fi/Palvelut/Tukes-ohjeet/1Sahko-ja-hissit/S4-11-Sahkolaitteistot-ja-kayton-<br/>johtajat/). Luettu 17.4.2016
- 9 Haakana J. 2016. Kunnossapito, Lainsäädäntö ja perusteet. Ohje. Caruna sisäi-  
nen jakelu.
- 10 Adato Energia Oy:n työryhmä. 2009. Puupylväiden lahoisuustarkastus ja lujuu-  
den määrittäminen RJ 33:09. Verkostosuositus. Energiateollisuus ry.

## Puupylväiden lahoisuus tarkastus ja lujuuden määrittäminen RJ 33:09

Ohessa on ote Puupylväiden lahoisuus tarkastus ja lujuuden määrittäminen RJ 33:09 -suosituksesta. Ote on niiltä osin, kun tässä insinööritoimistossa on käytetty suositusta tyvilahon määrittämiseen.



Verkostosuositus RJ 33:09

Taulukon lähtöarvot L=7, S=40m, Y=0,05

		L	S	Y
AF 25 Y	12,4	0,90	0,25	0,35
AF 25	13,7	0,90	0,40	0,45
AF 40 Y	12,9	0,90	0,25	0,35
AF 40	14,5	0,90	0,40	0,45
AF 63 Y	13,5	0,90	0,30	0,40
AF 63	15,4	0,90	0,45	0,50
AF 99 Y	14,3	0,90	0,30	0,45
AF 99	16,5	0,90	0,45	0,55
RA 16 Y	12,0	0,85	0,25	0,15
RA 16	12,9	0,85	0,45	0,15
RA 25	13,2	0,90	0,45	0,20
RA 35	13,7	0,90	0,40	0,20
RA 50	14,1	0,90	0,40	0,25
RA 70	14,7	0,90	0,45	0,25
RA 120	15,2	0,90	0,50	0,25

Esim.1 Johto RA 50, L=8m, S=70m, Y=0,15

Taulukosta saadaan perusarvoilla tyvihalkaisijavaatimukseksi 14,1 cm. Tähän lisätään taulukon arvot seuraavasti :

$$L = 8 \text{ m} - 7 \text{ m} = 1 \cdot 0,9 = 0,9$$

$$S = 70 \text{ m} - 40 \text{ m} = 3 \cdot 0,4 = 1,2$$

$$Y = 2 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ katso sivu 5/1 liite 5}$$

$$\begin{aligned} &===== \\ &2,6 \text{ cm} \end{aligned}$$

T/J-kuormalla tyvihalkaisija on 14,1 cm + 2,6 cm = 16,7 cm

Pylvään ikä ja tarkastusväli voidaan huomioida taulukosta L 5.6, sivulta 5/6. Eli lisävaatimus pylväshalkaisijalle on 25 mm + 16,7 cm = 19,2 cm → 19 cm

Keskijännitejohdot ( L5.2 )

		L	S	Y
AF 25	13,1	0,90	0,30	0,40
AF 40	13,7	0,90	0,30	0,40
AF63	14,5	0,90	0,35	0,45
AF99	15,4	0,90	0,40	0,50
AF 177	16,9	1,00	0,45	0,65
AL 132	15,7	0,90	0,45	0,50
AL 201	16,7	1,00	0,45	0,60
SAX 35	13,9	0,90	0,40	0,45
SAX 70	15,0	0,90	0,45	0,45
SAX 120	16,1	0,95	0,45	0,55
SAXKA 70	17,3	0,95	0,60	0,35
SAXKA 120	17,6	0,95	0,60	0,35
SAXKA 185	18,0	0,95	0,60	0,35

Liite 5 4 (8)

Pienjänniteyhteiskäytöt ( L5.3 )



Verkostosuositus RJ 33:09

	RA16Y	RA16	RA25	RA35	RA50	RA70	RA120				
AF40Y								0,90	0,90	0,90	L
	13,7	14,3	14,5	14,8	15,1	15,5	15,9	0,50	0,55	0,60	S
								0,40	0,35	0,35	Y
AF40								0,90	0,95	0,95	L
	14,9	15,4	15,6	15,8	16,0	16,3	16,6	0,50	0,55	0,60	S
								0,45	0,45	0,40	Y
AF63								0,95	0,95	0,95	L
	15,4	15,8	16,0	16,2	16,3	16,6	16,9	0,55	0,55	0,60	S
								0,50	0,45	0,45	Y
AF99								1,00	1,05	1,05	L
	16,4	16,7	16,9	17,1	17,2	17,5	17,7	0,60	0,60	0,65	S
								0,55	0,55	0,55	Y
RA16Y								0,90	0,90	0,90	L
	12,7	13,4	13,7	14,0	14,4	14,9	15,3	0,40	0,50	0,55	S
								0,25	0,25	0,25	Y
RA16									0,90	0,95	L
		14,0	14,4	14,9	15,2	15,7	16,1		0,55	0,55	S
									0,25	0,25	Y
RA25									0,90	0,95	L
			14,5	15,0	15,4	15,9	16,3		0,55	0,60	S
									0,25	0,25	Y
RA35									0,90	0,95	L
				15,1	15,5	16,1	16,5		0,55	0,60	S
									0,25	0,25	Y
RA50									0,95	0,95	L
					15,6	16,2	16,7		0,55	0,60	S
									0,25	0,25	Y
RA70									0,95	1,00	L
						16,4	16,9		0,60	0,60	S
									0,25	0,25	Y
RA120										1,00	L
							17,1			0,60	S
										0,25	Y

		L	S	Y
3 RA 35	16,7	0,95	0,60	0,25
4 RA 35	17,9	1,00	0,70	0,30
5 RA 35	19,0	1,00	0,75	0,30
3 RA 70	18,2	1,00	0,75	0,30
4 RA 70	19,6	1,05	0,75	0,35
5 RA 70	20,9	1,05	0,80	0,40

Liite 5 5 (8)

Keskijänniteyhteiskäytöt ( L5.4 )



Verkostosuositus RJ 33:09

	SAX 35	SAX 70	SAX 120	SAXK A 70	SAXK A 120	SAXKA 185				
AF40							1,00	1,05	1,05	L
	15,3	15,9	16,5	17,3	17,5	17,8	0,60	0,65	0,75	S
							0,45	0,40	0,40	Y
AF63							1,00	1,05	1,10	L
	15,9	16,4	17,0	17,8	18,0	18,2	0,60	0,65	0,75	S
							0,45	0,45	0,45	Y
AF99							1,05	1,05	1,15	L
	16,7	17,2	17,7	18,4	18,6	18,8	0,60	0,65	0,75	S
							0,55	0,50	0,50	Y
AF177							1,05	1,10	1,15	L
	17,9	18,3	18,7	19,4	19,5	19,7	0,55	0,65	0,70	S
							0,65	0,65	0,60	Y
AL132							1,05	1,05	1,15	L
	16,8	17,3	17,8	18,5	18,7	18,9	0,60	0,65	0,75	S
							0,55	0,50	0,50	Y
SAX70								1,00	1,10	L
	16,4	17,0	17,8	17,9	18,2	18,5		0,65	0,65	S
								0,50	0,40	Y
SAX120								1,05	1,10	L
			18,3	18,8	19,0	19,2		0,65	0,70	S
								0,75	0,45	Y
SAXKA 120									1,10	L
				19,7	19,9	20,2			0,80	S
									0,35	Y
SAXKA 185									1,10	L
						20,4			0,80	S
									0,35	Y

Kj- / Pj-yhteiskäytöt ( L5.5 )

Liite 5 6 (8)





Verkostosuositus RJ 33:09

Taulukon lähtöarvot L = 7m, S = 40 m, Y = 0,05

0,4 kV

	AF40 Y	AF63	RA 16Y	RA35	RA70	2RA7 0				
AF40							1,00	1,00	1,05	L
	14,6	16,0	14,3	15,2	15,7	17,0	0,45	0,55	0,70	S
							0,45	0,35	0,35	Y
AF63							1,00	1,00	1,05	L
	15,4	16,7	15,1	15,8	16,3	17,5	0,50	0,55	0,70	S
							0,50	0,45	0,45	Y
AF99							1,00	1,00	1,10	L
	16,2	17,3	16,0	16,6	17,0	18,1	0,50	0,55	0,65	S
							0,55	0,50	0,50	Y
AF177							1,10	1,05	1,10	L
	17,5	18,4	17,3	17,8	18,2	19,2	0,60	0,55	0,65	S
							0,65	0,65	0,60	Y
AL132							1,05	1,00	1,10	L
	16,4	17,4	16,2	16,7	17,1	18,3	0,55	0,55	0,65	S
							0,60	0,50	0,50	Y
SAX70			15,5	16,2	16,6	17,9	0,95	1,00		L
							0,55	0,65		S
							0,45	0,40		Y
2SAX70			17,9	18,4	18,8	19,7	1,05	1,10		L
							0,65	0,70		S
							0,55	0,50		Y
SAXKA 120							1,05	1,10		L
			18,0	18,5	18,9	19,8	0,65	0,75		S
							0,35	0,35		Y

Esim.2.  $L = 10m - 7m = 3 \cdot 0,95 = 2,85 \text{ cm}$   
 $S = 80m - 40m = 4 \cdot 0,55 = 2,20 \text{ cm}$   
 $Y = 0,05 - 0,05 = 0 \cdot 0,45 = 0$

=====

5,05 cm + 16,2 cm = 21,25 cm

Liite 5 7 (8)



Verkostosuositus RJ 33:09

Pelivara ( mm ) tarkastusvälin ja pylvään iän mukaan ( L5.6 )

Pylvään ikä	Tarkastusväli			
	5	10	15	20
5	0	0	5	5
10	0	5	10	15
15	0	10	15	20
20	5	10	20	30
25	10	15	25	40
30	10	20	30	40
35	10	20	30	40
40	10	20	30	40

Esim. Pylvään ikä 30 vuotta ja lahoisuustarkastusväliksi oletetaan 10 vuotta.

Taulukosta L5.6 nähdään että mitoituksessa tulisi käyttää 20 mm:n pelivaraa. Jos esim. mitattu terve tyvihalkaisija on 18 cm niin siitä vähennetään 2 cm ( = 16 cm ) ja tätä verrataan T/J sarakkeen vaatimuksiin.

**Liite 5 8 (8)**

